

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

\_\_\_\_\_ Левихин А.А.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ РАСЧЁТ ТВЕРДОТОПЛИВНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Направление/специальность подготовки	24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей
Специализация/профиль/программа подготовки	Проектирование ракетных двигателей твердого топлива
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
3	6	4	144	85	51	0	34	59	0	0	59	диф. зач.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)

24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей

год набора группы: 2025

Программу составили:

Кафедра А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ  
Левихин Артем Алексеевич, к.т.н., доцент, заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_

Кафедра А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ  
Савченко Григорий Борисович, старший преподаватель

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры-разработчика  
рабочей программы **А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Левихин А.А., к.т.н., доц.

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Левихин А.А., к.т.н., доц.

\_\_\_\_\_

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
РАСЧЁТ ТВЕРДОТОПЛИВНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

**Разделы рабочей программы**

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**Приложения к рабочей программе дисциплины**

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-4 — Способен проводить расчёты процессов в ракетных двигателях, прочности и надёжности изделий и их составных элементов

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПК-4**

*знания:*

Методы расчета энергетических, внутрибаллистических характеристик РДТТ. Представление об особенностях проектирования РДТТ и его составных элементов;

*умения:*

Понимание взаимосвязи внутрикамерных процессов, газодинамики, теплообмена в РДТТ и особенностях конструктивных решений;

*навыки:*

Расчет основных энергетических, внутрибаллистических характеристик РДТТ.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **РАСЧЁТ ТВЕРДОТОПЛИВНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ОСНОВЫ УСТРОЙСТВА И ТЕОРИИ ТВЕРДОТОПЛИВНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ПРОЕКТИРОВАНИЕ И КОНСТРУИРОВАНИЕ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА ТВЕРДОМ ТОПЛИВЕ, ПРОЦЕССЫ ТЕПЛООБМЕНА В РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ, ДВИГАТЕЛИ ДВУХСРЕДНЫХ АППАРАТОВ, ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ДУ НА ТВЕРДОМ ТОПЛИВЕ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ПК-5 — Способен проводить поиск, систематизировать и анализировать информацию по конструктивным и схемным решениям существующей ракетно-космической техники и их элементов
- ПК-6 — Способен разрабатывать эскизный (технический) проект (аванпроект) по созданию (модернизации) твердотопливных ракетных двигателей и их составных элементов

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПК-4
3	6	Раздел 1. Основные характеристики РДТТ. Режимы работы сопла. Удельный импульс тяги, потери. Расходный комплекс, тяговый комплекс. Полный импульс тяги. Коэффициент массового совершенства РДТТ.	15	5	5	0	10	20
3	6	Раздел 2. Особенности рабочего процесса в РДТТ. Скорость горения ТРТ как основной расчетный параметр. Основные сведения о физикохимических законах горения баллистических и смешанных ТРТ. Зависимости скорости ТРТ от давления и начальной температуры. Понятие о стационарной и нестационарной скоростях горения ТРТ. Горение твердых ракетных топлив в условиях обдува горячей поверхности газовым потоком. Неустойчивость рабочего процесса в РДТТ. Методика расчета ЗТТ.	26	16	10	6	10	16
3	6	Раздел 3. Теплообмен в РДТТ. Общие сведения о теплообмене в РДТТ. Конвективный и лучистый теплообмен. Основные способы тепловой защиты элементов конструкции РДТТ. Методика расчета ТЗП.	26	16	10	6	10	16
3	6	Раздел 4. Процесс воспламенения основного РДТТ. Режимы работы и РДТТ при отсечке тяги. Способы воспламенения ЗТТ. Конструктивные схемы. Состав. Методы выбора типа и массы заряда воспламеняющего устройства. Методика расчета воспламеняющего устройства. Способы прекращения работы двигателя. Физические процессы в КС РДТТ при спаде давления. Методы расчета параметров при останове ДУ.	28	18	10	8	10	16
3	6	Раздел 5. Газодинамика РДТТ. Течение газа в КС. Течение продуктов сгорания в соплах РД. Расчет газодинамических параметров. Энергетические и геометрические характеристики сопла. Общие задачи профилирования сопла. Методика построения оптимального контура сопла.	29	19	10	9	10	16
3	6	Раздел 6. Расчет параметров РДТТ, особенности регулирования. Массовый расход. Давление в камере сгорания. Оценка потерь удельного импульса. Методы определения оптимальных проектных параметров РДТТ. Особенности регулирования рабочих процессов и управления тягой РДТТ.	20	11	6	5	9	16
Всего за 6 семестр			144	85	51	34	59	100
Всего по дисциплине			144	85	51	34	59	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 2. Особенности рабочего процесса в РДТТ.	Расчет ЗТТ различной формы.	6
2	Раздел 3. Теплообмен в РДТТ.	Расчет ТЗП различных типов	6
3	Раздел 4. Процесс воспламенения основного РДТТ. Режимы работы и РДТТ при отсечке тяги.	Методика расчета воспламеняющего устройства.	4
4		Методы расчета параметров при останове ДУ.	4
5	Раздел 5. Газодинамика РДТТ.	Построение оптимального контура сопла.	9
6	Раздел 6. Расчет параметров РДТТ, особенности регулирования.	Метод определения оптимальных проектных параметров РДТТ.	5
Всего за 6 семестр			34

#### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Основные характеристики РДТТ.	Изучение литературы по тематике	10
2	Раздел 2. Особенности рабочего процесса в РДТТ.	Изучение литературы по тематике	10
3	Раздел 3. Теплообмен в РДТТ.	Изучение литературы по тематике	10
4	Раздел 4. Процесс воспламенения основного РДТТ. Режимы работы и РДТТ при отсечке тяги.	Изучение литературы по тематике	10
5	Раздел 5. Газодинамика РДТТ.	Изучение литературы по тематике	10
6	Раздел 6. Расчет параметров РДТТ, особенности регулирования.	Изучение литературы по тематике	9
Всего за 6 семестр			59

### 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
6					Тест	ДР				ДР			Тест			ДР	Тест, Вопр.Диф.Зач. диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Тест – тест;
- Вопр.Диф.Зач – вопросы к дифференцированному зачету;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- тест;
- вопросы к дифференцированному зачету.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. В. Алиев, Г. Н. Амарантов, В. Ф. Ахмадеев. . Внутренняя баллистика РДТТ. М.: Машиностроение, 2007, эл. рес.
2. А. В. Алиев, Г. Н. Амарантов, В. Ф. Ахмадеев. . Внутренняя баллистика РДТТ. Москва: Машиностроение, 2007, эл. рес.
3. Б. Т. Ерохин. . Теория и проектирование ракетных двигателей. Санкт-Петербург: Лань, 2022, эл. рес.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

### 5.3. Периодические издания:

не требуются.

### 5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <https://e.lanbook.com/> - ЭБС "Лань";
2. <https://ibooks.ru/> - ЭБС "Айбукс";
3. <http://library.voenmeh.ru/> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

### Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
- <http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

### Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=457](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457) - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/> - КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

### 5.5. Программное обеспечение:

не требуется.

### 5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Лекционные занятия:**

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

### **6.2. Практические занятия:**

1. Проектор.

### **6.3. Прочее:**

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.



### Аннотация рабочей программы

Дисциплина **РАСЧЁТ ТВЕРДОТОПЛИВНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПК-4 Способен проводить расчёты процессов в ракетных двигателях, прочности и надёжности изделий и их составных элементов.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с теорией, принципами функционирования и расчетом параметров и конструкции ракетных твердотопливных двигателей.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- тест;
- вопросы к дифференцированному зачету.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **4 з.е., 144 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**51 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**59 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 ч., из них 85 ч. аудиторных занятий, и 59 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
<b>Раздел 1. Основные характеристики РДТТ.</b>		
Изучение литературы по тематике	А. В. Алиев, Г. Н. Амарантов, В. Ф. Ахмадеев. . Внутренняя баллистика РДТТ: М.: Машиностроение, 2007 (2.1,2.5) Б. Т. Ерохин. . Теория и проектирование ракетных двигателей: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (2)	10
Итого по разделу 1		10
<b>Раздел 2. Особенности рабочего процесса в РДТТ.</b>		
Изучение литературы по тематике	А. В. Алиев, Г. Н. Амарантов, В. Ф. Ахмадеев. . Внутренняя баллистика РДТТ: Москва: Машиностроение, 2007 (5) Б. Т. Ерохин. . Теория и проектирование ракетных двигателей: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (4.9, 8)	10
Итого по разделу 2		10
<b>Раздел 3. Теплообмен в РДТТ.</b>		
Изучение литературы по тематике	А. В. Алиев, Г. Н. Амарантов, В. Ф. Ахмадеев. . Внутренняя баллистика РДТТ: Москва: Машиностроение, 2007 (7) Б. Т. Ерохин. . Теория и проектирование ракетных двигателей: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (3.3, 10)	10
Итого по разделу 3		10
<b>Раздел 4. Процесс воспламенения основного РДТТ. Режимы работы и РДТТ при отсечке тяги.</b>		
Изучение литературы по тематике	Б. Т. Ерохин. . Теория и проектирование ракетных двигателей: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (15,17) А. В. Алиев, Г. Н. Амарантов, В. Ф. Ахмадеев. . Внутренняя баллистика РДТТ: М.: Машиностроение, 2007 (10)	10
Итого по разделу 4		10
<b>Раздел 5. Газодинамика РДТТ.</b>		
Изучение литературы по тематике	А. В. Алиев, Г. Н. Амарантов, В. Ф. Ахмадеев. . Внутренняя баллистика РДТТ: Москва: Машиностроение, 2007 (12) Б. Т. Ерохин. . Теория и проектирование ракетных двигателей: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (16)	10
Итого по разделу 5		10
<b>Раздел 6. Расчет параметров РДТТ, особенности регулирования.</b>		
Изучение литературы по тематике	Б. Т. Ерохин. . Теория и проектирование ракетных двигателей: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (16,23) А. В. Алиев, Г. Н. Амарантов, В. Ф. Ахмадеев. . Внутренняя баллистика РДТТ: Москва: Машиностроение, 2007 (15)	9
Итого по разделу 6		9

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- тест;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- дифференцированный зачет.

### Критерии оценивания

#### Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

#### Тест

Тестирование включает в себя 20 вопросов и считается успешно пройденным при наличии не менее 60% правильных ответов.

#### Вопросы к дифференцированному зачету

Вопросы к дифференцированному зачету охватывают весь курс и содержатся в УМК дисциплины.

#### Дифференцированный зачет

На оценку "Зачтено-удовлетворительно" дифференцированный зачет проходит в форме тестирования. Указанная оценка выставляется при наличии не менее 80% правильных ответов теста.

На оценку «зачтено-хорошо» дифференцированный зачет проходит в форме устного ответа на два теоретических вопроса. Оценивается полнота и правильность ответа по билету. Указанная оценка выставляется при полноте ответа по билету не менее 80% по среднеарифметическому значению, при условии что полнота ответа по каждому вопросу была не менее 60%

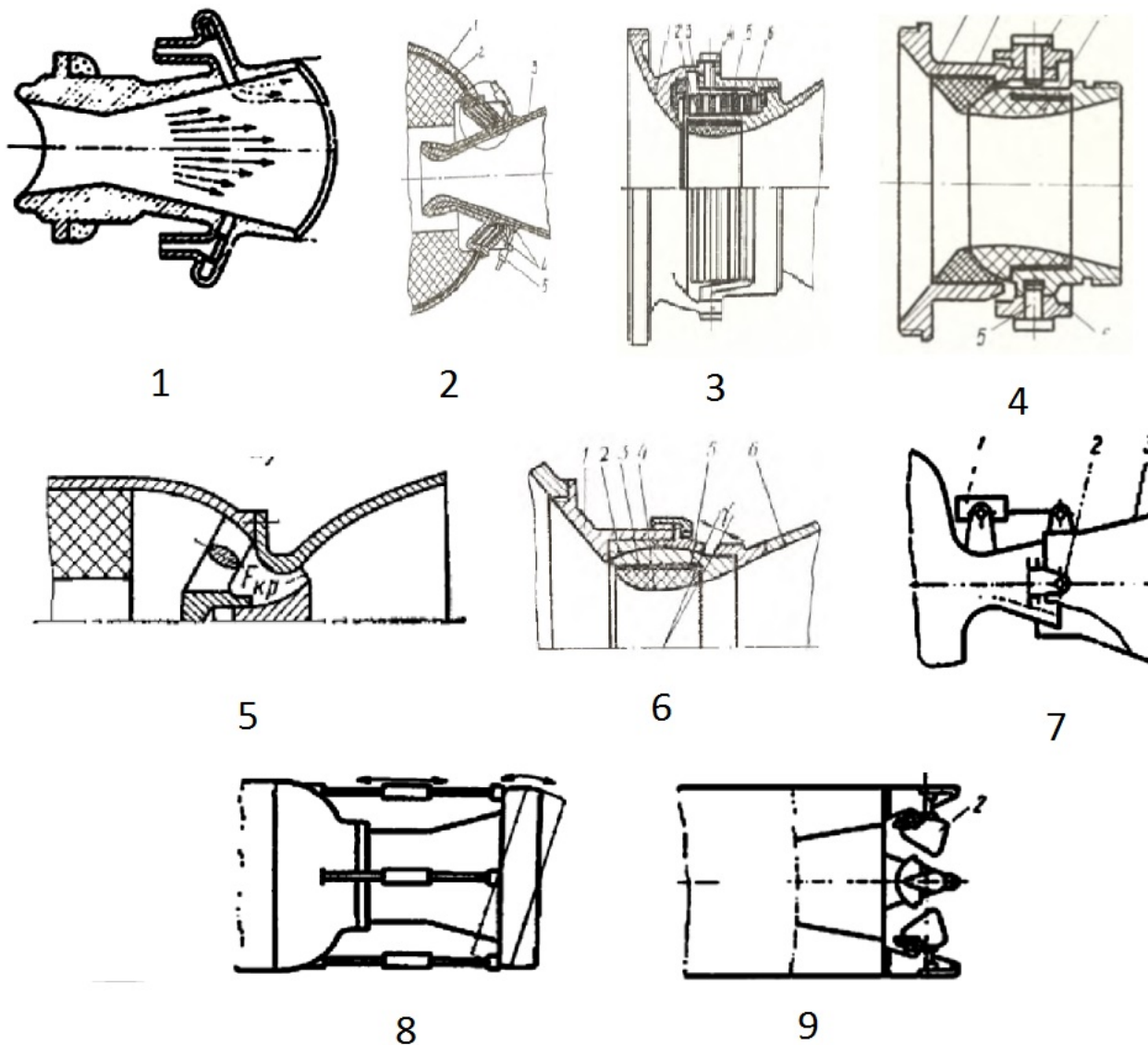
На оценку "зачтено-отлично" дифференцированный зачет проходит в форме устного ответа на два вопроса по билету, и 1-2 дополнительных вопроса. Полнота ответа на вопросы по билету должна быть не менее 80% по каждому из вопросов билета и не менее 30% по каждому дополнительному вопросу.

Оценка "не зачтено" ставится при менее 80% правильных ответов в тесте, и/или при полноте ответа по билету менее 60% по среднеарифметическому значению, и/или при отсутствии ответа на любой из вопросов билета.

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПК-4	
3	6	Раздел 1. Основные характеристики РДТТ.	15	5	5	0	10	20	Тест
3	6	Раздел 2. Особенности рабочего процесса в РДТТ.	26	16	10	6	10	16	Тест
3	6	Раздел 3. Теплообмен в РДТТ.	26	16	10	6	10	16	Тест
3	6	Раздел 4. Процесс воспламенения основного РДТТ. Режимы работы и РДТТ при отсечке тяги.	28	18	10	8	10	16	Тест
3	6	Раздел 5. Газодинамика РДТТ.	29	19	10	9	10	16	Тест
3	6	Раздел 6. Расчет параметров РДТТ, особенности регулирования.	20	11	6	5	9	16	Тест, Вопросы к дифференцированному зачету
Всего за 6 семестр			144	85	51	34	59	100	
Всего по дисциплине			144	85	51	34	59	100	

ПК-4 - Способен проводить расчёты процессов в ракетных двигателях, прочности и надёжности изделий и их составных элементов

- № 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Указать последовательность расчета СУВТ.
- № 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Какие особенности имеет расчет и профилирование сопел РДТТ по сравнению с ЖРД?
- № 3 Прочитайте текст и установите соответствие  
Определить тип конструкций сопел с управляемым вектором тяги



- |   |  |
|---|--|
| А | С газо (гидро)динамическим управлением                       |
| Б | Поворотное утопленное сопло                                  |
| В | Качающееся сопло с простым шарниром и сильфонным уплотнением |
| Г | Качающееся сопло с простым шарниром                          |
| Д | Сопло не относится к классу сопел с УВТ                      |
| Е | Качающееся сопло со сферическим шарниром                     |
| Ж | Разрезное сопло  |
| З | Сопло со сферическим дефлектором                             |
| И | Сопло с газовыми рулями                                      |
| К | Лепестковое сопло  |

- № 4 Прочитайте текст и установите последовательность  
В какой последовательности происходит преобразование при горении двухосновного ТТ?

1. плавление и разложение твердой фазы;
2. газификации, разложение
3. переход из твердой фазы в жидкую и парогазовую.
4. образуются активные продукты без выделения тепла

5. экзотермические реакции
6. перемешивание, установление равновесного состава

№ 5 Прочитайте текст и установите соответствие

Установить соответствие типа воспламенительного устройства и внешнего диаметра РДТТ

- |  |   |
|--|---|
| 1 ВСУ с дымным порохом   | А |
| 2 С пиротехническими<br>составами на основе<br>порошков металлов | Б |
| 3 Снаряженные топливом<br>основного РДТТ                         | В |
|  | Г |

ДС

ДС

К

РД

РД

№ 6 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Выбрать правильные условия реализации неравновесного режима в пограничном слое

1. Скорость химических реакций бесконечно большая
2. Скорость химических реакций бесконечно мала
3. Число Дамкеллера стремится к 1
4. Скорость химических реакций и теплообменных процессов имеет один порядок
5. Число Дамкеллера стремится к бесконечности
6. Число Дамкеллера стремится к нулю

№ 7 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Выбрать все условия, при которых можно пренебрегать влиянием начальной температуры ЗТТ на время воспламенения

1. Малая начальная температура заряда
2. Большая начальная температура заряда
3. Интенсивный теплоподвод
4. Низкое начальное давление

№ 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Какое из соединений относится к стабилизаторам ЗТТ?

1. Нитроцеллюлоза
2. Нитроглицерин
3. Этилцентралит
4. Сернокислый калий
5. Органические смолы

№ 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Выбрать правильные утверждения, касающиеся роли облицовки в сопле?

1. Назначение облицовки - защита теплозащитного слоя от разрушения.
2. Облицовки выполняют преимущественно из вольфрама и других тугоплавких металлов.
3. Назначение облицовки - исключительно пассивная теплозащита.
4. Облицовка обеспечивает лучистый теплоотвод

№ 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Выбрать утверждения, справедливые для смесового топлива.

1. Увеличение дисперсности металлического порошка в ТРТ приводит к уменьшению удельного импульса
2. Металлизация ТРТ приводит к увеличению R газовой фазы продуктов сгорания
3. Металлизация ТРТ приводит к росту температуры продуктов сгорания
4. Металлизация ТРТ приводит к увеличению скорости горения
5. Металлизация ТРТ приводит к увеличению удельного импульса преимущественно за счет роста температуры продуктов сгорания

№ 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Установить утверждения, справедливые для нулевых потерь.

1. Взаимовлияние с двухфазными потерями проявляется только в соплах с УВТ "вдувом" газа.
2. Наиболее велики у сопел со сферическим дефлектором
3. Наиболее велики у сопел УВТ с газовыми рулями
4. Практически отсутствуют у сопел со сферическим дефлектором
5. Для сопел с разрезным соплом могут достигать 5%
6. Для сопел с разрезным соплом могут достигать 0,5%
7. Практически отсутствуют у сопел с газовыми рулями

№ 12 Прочитайте текст и установите последовательность

Установить последовательность факторов, влияющих на сопловые потери, в порядке возрастания

1. Нагрузочные деформации
2. Выгорание теплозащитного покрытия сопла
3. Низкая дисперсность двухфазного потока рабочего тела
4. Геометрические отклонения при изготовлении
5. Неравномерность поля скоростей в критическом сечении
6. Высокая дисперсность двухфазного потока рабочего тела

№ 13 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Чем является коэффициент А в уравнении конвективного теплообмена в РДТТ?

$$\text{Nu} = A \frac{\frac{T_{\text{ref}}}{T} \text{Pr}^{7/15} \text{Re}_R^{0,8}}{\left(\frac{l_0}{R_0}\right)^{0,2} \left(\frac{R_0}{R}\right)^{0,05}},$$

1. Поправочный множитель, учитывающий гетерогенное окисление
2. Коэффициент согласования с опытными данными
3. Поправочный множитель на турбулентность ядра потока
4. Коэффициент, учитывающий потери массы